副 会 長 講 演

ジュラ紀の古地理を考える*

佐 藤 正**

Contemplation on the Jurassic paleogeography*

Tadashi Sato**

Abstract Recent advancement of Radiolarian studies disclosed wide development of Jurassic rocks in the axial part of the Japanese islands, which have been hitherto correlated to the Paleozoic and/or Triassic on the basis of fossils found in exotic blocks. Paleogeography of Japanese Jurassic is required to be profoundly revised accordingly. Transport and emplacement of the exotic rocks into Jurassic pelitic rocks are mostly due to gravity sliding, judged from gravity induced sliding structures preserved in exotic bodies. Paleoslope inclined towards the inner side of the Mino terrane, especially in its southern margin, is deduced from the directions of slides. The sea of the Mino terrane seems to have been a back-arc basin or foreland basin at the time of Jurassic accretion.

Key words : Jurassic, paleogeography, paleoslope, gravity sliding, Mino terrane

問 題 の 発 端

日本のジュラ系に関する知識は近年著しい変革をとげた。その契機となったのは、それまで古生界と考えられていた地層の多くがジュラ紀に対比しなおされたことである。1960 年代まで、これらの地層の年代はもっぱら石灰岩中から発見される化石に基づいて決められており、そのような化石のほとんどが古生代のものであったため、まわりの地層の年代も古生代とされていた。

1970 年代になると、コノドントが発見されはじめ、その多くが三畳紀のものであったため“古生界”には広範に三畳系が含まれていることが明らかにされた。一方、ほぼ同じ頃から散発的ながらジュラ紀のアンモナイトが発見されて、少なくとも古生界の中にジュラ系の部分があることが明らかになり、同時に一般的に受け入れ

られている古生代という年代に疑問が投げかけられるようになった。

ついで 1980 年代に入り、これら“古生界”の多くからジュラ紀の放散虫が多量にかつ広範囲に見つかるようになり、三畳系を含む“古生界”の多くはジュラ系であることが判明した。大型化石によって年代が決められてきた“古典的”なジュラ系に加えて、日本列島先第三系のかなり広範囲な部分がジュラ系(白亜系最下部を含む)であることが分かってきた。

これらの化石の発見がわが国の地質学に与えた影響は、単に古生代の年代改定にとどまらず、古生代や三畳紀の岩体は異地性岩体にはかならないこと、そして新しく立て直された層序に基づく地質構造の再検討といったように、これまでの日本地史の変革を迫るものとなった。

放散虫によって対比されたジュラ系の層序や構造は、これまでに十分明らかになっているとはいいがたい。しかし、これまでに分かったことからでも堆積、地質構造、テクトニクスなどについて興味ある推論をすること

* 1991 年 4 月 3 日、日本地質学会第 98 年総会・年会副会長講演(於愛媛大学)。

** 兵庫教育大学, Hyogo University of Teacher Education, Yashiro, Katogun, Hyogo 673-14, Japan.

第1図. “古典的ジュラ系”の分布(佐藤, 1967). 1960年代に知られていたジュラ系を堆積相に基づいて地区別に分け, それぞれの堆積区が滑らかにつながるように日本列島を復元したもの.

ができる. この小論では, 主として中央構造線以北のジュラ系を中心に, ジュラ紀の古地理について新しい情報に基づいた推論をする. なお, この小論の骨子はすでに「地質ニュース」438, 440号に載せたので, 併せて参照されたい(佐藤, 1991).

“古典的”ジュラ系

新しく放散虫で分かったジュラ系に対して, 1980年代に入るまでに大型化石で年代が決められていたジュラ系を“古典的”ジュラ系と呼ぶことにする. このタイプのジュラ系の標準的な層序は, たとえば佐藤(1967)などによって与えられており, 現在も層序の大綱に大幅な変更はない.

化石は, 古地理的に重要な情報を与える. アンモナイトは保存は一般的に悪いが種数はかならずしも少なくない. 詳しいリストは Sato (1962)などに挙げられている. 最近, 種の同定の改訂とともに, 新しい化石帯と国際対比が提唱されている(Sato & Westermann, 1991). 二枚貝も極めて豊富で, その大綱は Hayami(1961)によってまとめられている. また最近, 東南アジア, 中国, シベリアなどと比較した古生物地理学的な要約がある

(Hayami, 1990). また植物化石の研究は最近著しく進歩し, その大綱は Kimura(1984)にまとめられている. また, 最近古生物地理学的な考察が Kimura & Ohana (1990)によって公にされている.

古典的なジュラ系は, 現在大別して日本海側, 太平洋側および南部北上山地に分かれて分布し, 分布域ごとにそれぞれ特徴的な層序と化石群をもっている(第1図).

1. 日本海側のジュラ系

このグループには豊浦層群, 来馬層群, 手取層群および樋口層群(島根県), 山奥層(岡山県), 岩室層(群馬県)などが入る. 変成・変形した先ジュラ系の上に不整合にのり, 粗粒碎屑岩を多量に含む碎屑岩からできている. 総体的には造山運動後の半ば閉じた盆地内に堆積した浅海成の堆積物で, しばしば上部に向かって非海成になる.

化石群集は地域ごとに多少異なるとともに, 後述する太平洋側, 南部北上山地との共通性は少ない. アンモナイトは日本固有のもののほかは主としてテチス地域のものと似る. 二枚貝群集は全体として東アジア区のものとの共通性が多いが, ジュラ紀後期に北極区の属が含まれ

第2図. “古典的ジュラ系”の分布に基づいて推定されたジュラ紀前期の日本列島中軸部の陸地-古日本脊梁(Kobayashi, 1941).

る。陸上植物の化石群は一般に中国大陸のものと共通性が高く、手取層群のものはシベリア植物区の要素を含むのが特徴である。

2. 太平洋側のジュラ系

このグループは、西南日本外帯の秩父帯南帯に断続的に分布し、鳥巢層群と総称される。阿武隈山地東縁の相馬層群もこのグループに入れることができる。分布は北上山地北部まで広がるようであるが、はっきりしたことは分らない。岩相はどこでもよく似ており、礁成の石灰岩を挟む比較的薄い碎屑岩類でできている。

碎屑岩中からは軟体動物化石が出るが、石灰岩中からはほかのグループでは見られないサンゴやストロマトポラ、ウニなども産する。アンモナイト群集はテチス-太平洋型、二枚貝化石群集は東南アジアのものと近い関係にある。陸上植物化石は日本海側のものと共通性がなく、中国南部と近縁性がある。

なお、鳥巢層群のジュラ紀部分は異地性岩体であり、白亜系が基質であるという主張もある(須鎗・石田, 1985)。

3. 北上山地南部のジュラ系

北上山地南部のジュラ系は、上下に重なる地層とともに2列の複向斜をつくり、その軸部に露出する。西側の列には志津川層群、橋浦層群が、東側の列には唐桑層群、鹿折層群ならびに牡鹿層群が分布する。このジュラ系は古生界からほぼ連続的に重なる三畳系の上に非整合で重なり、その上限も白亜系に連続し、本質的に古生界-中生界の一連の層序の中の一部を占めている。

アンモナイト群集の構成要素は太平洋型のものが主である。二枚貝群集はジュラ紀後期になると鳥巢層群との類似性が高く、かつ東南アジアとの近縁性が強くなる。陸上植物化石は相馬層群のものとともに中国南部に近く、インド-ヨーロッパ区に属するが、似た群集が沿海州南部付近からも知られている。

古典的ジュラ系に基づく古地理

少なくとも1960年代までは、古典的なジュラ系だけがジュラ紀の地史を考えるための材料であったので、日本列島の地史もそれに基づいて立てられた。

1. 古日本脊梁の仮説

西南日本ではジュラ系が日本海側と太平洋側にしか存在しないことから、その間の領域、すなわち現在の列島中軸部は陸地であったと考えられた。この陸地を Kobayashi (1941) は Eo-Nippon Cordillera (古日本脊梁) と名づけ、これがジュラ紀以前の造山運動によって生まれた日本列島の原形であるとした(第2図)。

細部では違いがあるが、同じ線での考え方は Minato *et al.* (1965) の中にも見られる。その古地理図を見ると、西南日本から東北日本の中軸部にかけて陸地が描かれている。

しかしながら、このような考え方は現在、少なくとも日本列島中軸部の大部分においては成り立たないことは明白である。古日本脊梁またはそれに類する陸地の存在は、そこに海成のジュラ系が存在しないことに最大の根拠があったから、海成のジュラ系が広範に存在することが立証されれば、この仮説が崩壊することは必然である。

2. 化石の古地理的分布から帰納される限定

上に述べたように、古典的ジュラ系にはかなり豊富な軟体動物化石や陸上の植物化石が含まれている。多くの場合、日本固有の属・種が含まれているが、より広範囲な生物地理区に属するものが多い。

アンモナイト群集は我が国固有種のほかは太平洋型のものが優越している。しかし、前期ジュラ紀と中期ジュラ紀の2時期に、北極地区の属が共存する (Sato, 1960)。一つはプリンスパッキアン後期の *Amaltheus* 属で、シベリアを中心に分布を広げ、その最南端に我が国の豊浦層群、樋口層群と来馬層群が位置する。しかもここではテチス型の *Fontanellicer* や *Canavaria* 属らと共存し、暖流と寒流の会合地点を代表している。またカロビアン期には *Keplerites* 属が北極地域から南下し、飛驒の手取層群と南部北上の橋浦層群に至る。この場合も太平洋型のものと共存する。東太平洋でも、この属はモンタナ州までで、それより南には見つからない。

二枚貝類や陸上植物化石群も一般には東アジア-東南アジアとの近縁性が強いが、その中に手取層群のカロビアン中に北極区の種類を産したり (Hayami, 1990)、手取植物群集が中国北部のものと近く、シベリア植物区の南縁に相当する (Kimura & Ohana, 1990) などの事実が知られている。

化石の古生物地理区はプレートテクトニクスでも有効な古位置復元の資料になるから、以上の北極系の化石の産出は豊浦、手取、橋浦層群などのジュラ系地域の古位置に対する限定条件となる。ジュラ紀以前のことはい

知らず、ジュラ紀には少なくとも上記の各地域が、北極系の古生物地理区から非常に離れたところにあったとは考え難い。

新しく発見されたジュラ系

北上山地南部などの例外を除いて、これまで列島中軸部の広い範囲を占めて分布する砕屑岩の多くは古生代とされてはいたものの、時代を指示する化石はおもに砕屑岩間に挟まれている石灰岩の中から見いだされ、その年代がまわりの地層に外挿されていた。

1. 古生代という年代に対する疑問

この年代に対する疑問は、1950年代になってから一つはアンモナイトから、もう一つは放散虫から投げかけられた。アンモナイトは1950年代から散発的に“古生界”の中から発見されだしている。美濃地域の犬山近傍からはカロビアンの *Choffatia* sp. が1951年に発見された (松本, 1953; Sato, 1974)。少し遅れて八溝山地益子近傍からオックスフォードイアンの *Kranaosphinctes matsushimai* (鈴木・佐藤, 1972)、郡上八幡近くからカロビアンの *Keplerites* sp. (Sato *et al.*, 1985)、山口県玖珂町からオックスフォードイアンの *Perisphinctes* sp. (佐藤ほか, 1986)が見つかった。しかしこれらはいずれも1個体ずつで、その年代がまわりの層序のどこまで及ぶか決められない。

一方、放散虫の方はもっと古くから見つかった。古く藤本 (1932) や Kanomata (1961) が八溝山地のあちこちから出る放散虫に基づいて、同山地の地層の多くはジュラ系であると主張した。そのころは、この先駆的な主張はあまり受け入れられなかったが、上に挙げたものはすべて確かにジュラ紀のものである。

また、同じ山地の植物化石から、大山・笠井 (1974) も八溝山地の地層は一般に信じられているように古生界ではなく、ジュラ系であることを主張していた。

これとは別に、1960年代の末から、いわゆる古生層から広範にコノドントが見つかるようになり、その多くが三畳紀のものであることが分かってきた。こうして、いわゆる古生界という年代に対する疑問は年とともに強くなった。

2. 最近の放散虫による年代改訂

1980年代になってからの近代的な放散虫の研究は、このような状態に決定的な影響を及ぼした。走査型電子顕微鏡の普及によって放散虫の分類は著しく進歩し、それに伴って放散虫に基づく層序の分帯が各地で提唱され、その年代対比の精度は地質時代の期の程度に及んでいる (たとえば、Yao, 1990)。ここでは日本における

第3図. 放散虫によってジュラ系であることが分かった地帯(佐藤, 1991, 一部補筆). A: 足尾山地, IW: 岩泉帯, K: 木曾山地, NK: 北部北上, TO: 常呂帯, Y: 八溝山地.

放散虫研究の内容には触れる紙数がないが, 1991年3月における研究の現状は水谷(1991)に詳しく要約されている.

ここで放散虫が普通の泥質岩からも多く発見されるのが重要な意味をもつ. それは古生代・三畳紀の石灰岩やチャートなどが含まれている地層の基質の年代が定まることを意味する. こうしてこれまで古生界とされていたものが大幅にジュラ系(一部最下部白亜系を含む)と改められた. その範囲は, 第3図に見られるように日本列島中軸部の大部分に及ぶ.

言うまでもなく, 放散虫は海生の原生動物であるから, 太平洋側と日本海側の古典的ジュラ系の間にも, 海成のジュラ系が広く存在することが明らかになり, 両地区の間に想定した陸地の大部分は存在しないことが立証された. これは単にジュラ紀の海陸の分布がかつて想定したものとは違うというだけでなく, 日本列島成立の機構を考えるに当たって, 地向斜から造山帯へというこれま

での指導原理とは異なる考え方を導入しなければならないことを意味した.

ジュラ系の堆積様式

上述したように, “古生界”の中から甚だしく時代の異なる化石が時代の順序と無関係に発見されることが, コノドントやアンモナイトの発見の初期から気づかれていた. しかし, それらの産状の実態はジュラ紀の放散虫によってまわりの地層の年代が精密に決められるようになってはじめて明らかになった.

1. ジュラ系層序の実態

具体的な例を挙げて, その実態を明らかにすることにする. 例を筆者が調査した八溝山地にとる. 最も示唆に富むセクションは茨城県七会村倉見の北にある花香月山NTT中継所に至る取り付け道路沿いで見られる. このセクションに沿うトラバースマップを第4図に示す(佐藤ほか, 1987).

第4図. 茨城県七会村花香月山セクションのスケッチマップ(佐藤ほか, 1987). 中央がトラバースマップ. 左側は全体の柱状図. 右側はチャート部分の拡大図. 番号は化石産出地点. R 532, 531, 5061, 5051, 5041, 5071 はジュラ紀後期. Tu: 三畳系上部, JI: ジュラ系下部, Jm: ジュラ系中部, Ju: ジュラ系上部. R: 放散虫, C: コノドントによる時代決定.

このセクションは鶏足山地を縦断する顕著なチャート層の一つを中心に挟んでいる. そのチャート層の上下には見かけ上整合的に泥岩が重なり, 砂岩を挟むこともある. 泥岩中からは放散虫がかなり豊富に発見されるが, どの層準からも美濃地域の *Mirifusus baileyi* 群集に属すると思われる後期ジュラ紀(前期チトニアン)の群集が発見される.

ところが, この間に挟まれるチャート層は以前からコノドントによって三畳紀後期に対比されていた. チャート層とその上下の地層を cm 単位に細かく区分し, 各单位から放散虫などの化石を探した. その結果, 第4図の右側に示したように, 見かけ上の下位からジュラ系上部, ジュラ系中部, 三畳系上部, ジュラ系下部の順になることが確かめられた.

花香月山のこのセクションは, 一見したところ全部整合に見えるが, 化石の証拠によってその中に一度ならず異常な順序で岩体が累重していることが明らかである. 明らかにチャート層は上下の泥岩層(ジュラ系上部)より古く, 異地性岩体である. さらに, それは一見1枚の単純な地層のように見えるが, その内部には種々の時代

の部分を含み, より小さい単位の異地性岩体の集合体である. 年代の変わり目(地点3と4, 6と7, 9と10)を詳細に調べると, 非常に弱いけれども明らかな滑り面をもつ断層が存在する. これは時代の異なる地層の部分が移動してきた時のすべり面である.

層状チャートは連続しているものという先入観があり, 侵食に強く野外で識別しやすいため, 鍵層として用いられることが多い. しかし実際には連続的であるとは限らず, 真面目に追跡するとしばしば途中で途切れる例がある. 上に述べた複雑な内部の構成に見られるように, そのようなチャートは, 本来小ブロックの集合体であり, 薄い1枚の板のような岩体ではないからである. このほか, チャート層の内部に, 時代はほぼ同じであるが岩相の異なるブロックが識別される例は少なくない(佐藤ほか, 1987).

また, 異地性岩体は三畳系のチャートに限らない. 藤本・畠山(1938)が記載した鶏足山地岩瀬町大泉の“古生代”石灰岩も巨大な礫で, 現在碎石場の大きな切羽で周囲の礫質泥岩の中に孤立して存在するのが観察される. また, 鶏足山地の北西部に分布するジュラ系の浅海成の砂岩・頁岩互層の中には, ブロックとなって沖合に沈積したジュラ系細粒泥岩の中に移動し定着したと思われるものもある(Masuda et al., 1980).

このような産状は八溝山地に限らず, いわゆる美濃トレーンの至る所で見られる(Mizutani, 1990).

2. 異地性岩体の移動の様式

このように, ジュラ系の中に見え乱雑に時代の異なる異地性岩体が移動し定着した機構は簡単には推定できない. また, すべてが同じ機構で起きたとは限らない. 考えられる機構としてはマスマーブメントやテクトニクな繰り返しなどがあるが, その中では重力を原動力とする移動の機構がもっとも可能性が高い.

大泉の古生代石灰岩のように礫状のものは, 斜面を重力によって転がりまたはすべて移動し, 現位置に定着したものであろうと推定することは難しくない. その場合, 最終的に落ち着く場所の環境はこういう岩体が安定して定着できるような沖合や斜面の平坦な場所が期待できるであろう. これらの礫状石灰岩が含まれている周囲の堆積物は斜面上に沈着したと思われる礫質泥岩で, 以上の要件に合っている.

チャートの場合はやや複雑なプロセスを考えなければならぬ. 花香月山のセクションで見たような, 見かけ上1枚に見えるチャート層の内部に時代が異なる岩体が重なっている場合には, 1枚の層として取り扱うことができない. この場合, 内部の各单位岩体と同じ場所に

第5図. 地すべりモデル(Varnes, 1958を簡略化)とその各部分に相当すると思われる実際の露頭(佐藤ほか, 1987). 中央: 右上から左下にすべり落ちたすべり体のモデル. (1): 頭部に対応すると思われる露頭. 茨城県山方町舟生. (2): 胴部の底のすべり面の直下に当たると思われる下盤の剪断構造. 栃木県黒羽町蛇穴新田. (3): 先端部に相当すると思われるブロックすべりとその先において押されてできた褶曲. 栃木県益子町下大羽. 方位記号は断層面の走向・傾斜とすべりの方位で上を北としてある.

次々とすべり込んで重なり合い, 1枚のように見える地層を作り上げていると考えざるをえない. したがって, この場合も主たる営力は重力であると考えられる.

なお, このような異地性岩体の産状を, テクトニックな過程によってできたものとする解釈もありうる. 過褶曲によって褶曲の翼がちぎれ, 時代の異なる地層が接するようになったためという解釈も可能である. またデタッチメント断層によって時代の古い地層が剥がれて移動し, 若い地層の上に重なるようになったという解釈が不可能でない場合もある. しかし, そのいずれも花巻山のような複雑な構造に適用するのは困難であるので, この場合一般性をもちえない.

海底地すべりという解釈

重力による岩塊あるいは岩体の移動にはいろいろな形態がある. 岩体が凝集力を失って岩塊, 岩屑あるいは粒子に分かれ, それらが個々にあるいは粉体として移動する場合は岩屑流となり, もとの岩体を推定するのは難しい. 岩体がある程度もとの形態を保存したまま移動する地すべりの場合には, 一部分しか残っていないけれども全体のどの部分に当たるかを推定することが不可能ではない.

地すべり体全体が保存されている場合の理想的なモデ

ルとして Varnes(1958)のそれを多少修正補筆したものを示す(第5図). 八溝・足尾山地で見られる構造の中に, このモデルの部分に相当すると思われるものが多数存在する.

1. 典型的な数例

地すべり体はその中に頭部, 胴部, 先端部を識別することができる. それぞれの部分は異なる応力状態に置かれ, それに従ってできる小構造が異なる.

第5図(1)の例は茨城県山方町舟生の久慈川左岸の砕石場の露頭で見られるもので(Aono *et al.*, 1981), 数枚の正断層のセットがアンチセチックな系を作っているのが見られる. このセットの最大主応力軸は明らかに鉛直で, 最大主応力が重力であることは明瞭である. このすべりの系の主断層(すべりの底面)はスキッチの左端にあるが, そこでは断層面上の条痕や層位の食い違いから移動の方向は西であると判断される.

この露頭の最上部は礫質の堆積物が埋めていて, 地すべり体の頭部が陥没した時にその凹地を埋めて岩屑流が流れ込んだことを示している. その埋積は移動が続き, それに伴って断層が成長している間も続いていたことが断層が岩屑流の中にくることから分かる. これは地すべり体の頭部に当たる部分を代表している.

第5図(2)のスキッチは茨城県大子町蛇穴新田で見ら

第6図. 栃木県葛生地域の構造略図(Aono, 1985 を簡略化). 南西から北東にかけて次々に移動してきて重なった地すべり体の群. CH: チャート, LS: 石灰岩, PM: 礫質泥岩, Ss: 砂岩, V: 火山岩類, P: 二畳系, T: 三畳系, J: ジュラ系, いずれもそれぞれの岩相に対応するおよその年代. H: 蓬萊山, IZ: 出流, KA: 鹿沼, KU: 葛生, M: 三峰山, TA: 田沼.

れるもので、すべり面直下の下盤にできた剪断と逆ドラグ褶曲を組み合わせた小構造である(Aono *et al.*, 1981). 地すべり体底面のスプーン状のすべり面が胴部の先端で強く圧縮される部分で生じたものと考えられる.

第5図(3)は栃木県益子町下大羽で見られる地すべり体の先端部にできた構造である(Aono *et al.*, 1981). 東側から西に向かい砂岩ならびに互層の薄層が複数のすべり面上ですべったことが面上に見られる小構造から確かめられる. また、すべり込んだ先にあった砂岩層が押されて曲がったと考えられる小褶曲が見える.

以上の例は典型的なものであるが、このほかに地すべり由来と考えられる小構造を発見するのはそう困難ではない.

2. 大きな地すべり体と思われる例

栃木県葛生の大石灰岩体は、我が国の二畳系の標準層

序にもなっているもので、それ自体が古生界のものであることに問題はない. しかし、この石灰岩体もその上下から三畳紀のコノドントやジュラ紀の放散虫が出るので(小池ほか, 1971; 指田ほか, 1982; Aono, 1985), 異地性岩体であることは確実である. その移動機構は衝上断層によるという解釈が小池ほか(1971)や柳本(1973)によって主張された. なお、美濃山地の Deckenpacket (Kano, 1979)も同じ線での考え方である. しかし、放散虫がいろいろな層準から発見されて年代の順序が複雑に入り組み、薄い衝上体の累重という解釈は不可能でないまでも困難になった.

第6図に示したように、これらの異地性岩体は時代が異なるばかりでなく、岩相もいろいろである. その中には石灰岩の下位にある砂岩・泥岩互層(ジュラ紀)のように浅海成の碎屑岩も含まれる. これらが、より深い斜

第7図. 八溝-足尾-木曾山地における地すべりの方向分布 (佐藤ほか, 1987). 1: 主にジュラ系, 2: 変成岩, 3: すべりの方向.

面上の堆積物と考えられる礫質泥岩の中に移動し定着している。

石灰岩体やチャート層は馬蹄形をしていて、地すべり体の輪郭を残している。石灰岩の厚さは先端部分(北東端、三峰山や蓬萊山付近)でもっとも厚く、後部(南西部分)で次第に薄くなり、ついにはちぎれて点々と佐野市や足利市の方向に向かって続く。石灰岩の下位にあるチャートも同じように先端部で厚さが増している。厚くなった部分の輪郭は石灰岩でもチャートでも犬の足のよう放射状に分岐し、地すべりモデルのそれとよく似ている。

葛生地方の大構造は、北東-南西に走る軸をもつ開いた向斜であると考えられているが、その翼の数地点、たとえば葛生町山菅の東京石灰採石場からこの向斜軸とは斜交する逆ドラッグ型の小褶曲が見つかっている(Sato, 1980)。その方位と逆ドラッグ型の褶曲形から、これらはテクトニック起源よりは地すべり体の縁辺部に生じた皺であると考えられる。図に示した多数の小褶曲も地すべり体の中にできたと思われる配置をしている。

このように、葛生地域では二畳紀の石灰岩、三畳紀のチャート、ジュラ紀の浅海成砕屑岩などが、次々と南西から北東に向かって地すべり体として深海の泥岩中にす

べり込んだ状態がかなりよく保存されて残されている。

3. 地すべり(移動)の方向

地すべりの方向は、葛生の例に見られるように、全体の輪郭が分かれば推定することができる。また、地すべり体の一部しか残っていない場合でも、条線、ひきずり、節理、割れ目といったすべり面上やその周辺に残されている小構造を用いて決めることができる。なかでも、すべり面上および近傍に残されている構造を注意深く観察すれば、ほとんどの場合すべりの方向を決定することができる。

この方法を用いて決めた八溝山地ならびに木曾山地におけるすべりの方向の分布を第7図に示す(佐藤ほか, 1987)。これで見ると八溝山地の北部・中部では大部分東から西に向かってすべり、南部で北西方向に向きを変える。足尾山地では南西から北東に向かっていて、糸魚川-静岡線を挟み木曾山地では再び東から西に向かう。これは統計的に太平洋側(外側)から大陸側(内側)に向かって斜面が傾いていたことを示す。足尾山地ですべりの方向が一般構造の方位と違うのは、本来この地帯の構造は北西-南東であって、現在北東-南西の構造が卓越するのは後生変形のためであると解釈されるので(Sato, 1980)、ここでも同じように本来の構造的な位置からいうと、外

側から内側に向かっていることになる。

これまでのところ、これ以外の地帯で筆者は異地性岩体の移動の方向を精密に決めていないので、確実なことはいえない。美濃山地では堆積粒子の種類から、堆積物は北方から供給されたとされているが(Mizutani, 1990)、古海底地形を直接示す事実が、特に中央構造線に近い部分でのそれが望まれるところである。

ジュラ紀古地理に関する考察

以上の情報は、八溝、足尾、木曾山地などのいわゆる美濃テレーン(Mizutani, 1990)東部のしかもその南縁部に限られている。したがって、これ以外のジュラ系の地域に関する古海底地形に関する情報はあまり確かでない。しかし、以上の地域だけの情報でも、当時の古地理の復元に際して重要な制約を与える。

1. 中央構造線北部の放散虫によるジュラ系は、中国地方の南部から丹波山地、美濃山地、木曾山地、足尾山地とつらなり、八溝山地に至る一連の堆積区をつくっていたものと考えられる。もちろん地域ごとに多少の差異はあるが、堆積物の年代、堆積相、構造などはよく似通っている。この小論に例として挙げた八溝山地や足尾山地で見られる構造は他の地域でも見られる。Mizutani (1990)に従い、これらを全部あわせて美濃テレーンと呼ぶことにする。

八溝・足尾・木曾山地で見られたように、少なくとも美濃テレーンの南縁では、外側から内側に向かって傾斜する斜面をつくっており、そこに二畳紀、三畳紀、ジュラ紀の異地性岩体を含むジュラ系(最下部白亜系を含む)が沈積し定着した。定着した場所は、異地性岩体の基質が示すように斜面あるいは盆地底の細粒堆積物がたまる環境であったと思われる。

2. この堆積区の中央部および北縁での古地形はまだあまり明瞭ではない。しかし、この地帯の北側には飛驒帯および飛驒外縁帯の陸地があったことが、基盤岩類の上に不整合にのる“古典的ジュラ系”の存在で明らかであるから、この内帯のジュラ系の海は北側を陸地で限られ、南縁は北に傾く幅 100 km 程度以上の細長い海であったことが予想される。

3. この状態が保たれていた期間を、正確に定めることは難しい。しかし、地すべり(あるいは異地性岩体の移動)が起きたのは、そのすべり込み先の基質の年代から考えて少なくともジュラ紀中期および後期にわたる。また異地性岩体の構成要素から考えて、ジュラ紀前期にもすでにこういう古地理ができていた可能性は高い。

また、これらの地すべり構造のあるものは、花崗岩類

によって構造と無関係に貫かれている。八溝山地や足尾山地をはじめ、このテレーンの花崗岩類の年代は白亜紀ないし白亜紀後期-古第三紀初期であるから(たとえば、山田, 1990)、異地性岩体の移動定着はこれ以前でなければならない。

4. この地帯の外側には地形的な高まりがあったことが斜面の推定から分かる。それは地域的なものでなく、美濃テレーン全体にわたっていたと考えることができる。現在美濃テレーンの最外縁は領家帯となっているが、領家帯の原岩は同じジュラ系であるから、高まりはさらにその外側に存在したはずである。

この地帯は Ichikawa (1964)の古領家帯かもしれない。しかし、その地質あるいは古地理的な性質は地すべり体が要請している条件を満たさなければならない。二畳紀の石灰岩や、三畳紀のチャートのような特徴のある岩石がそこにあったか、あるいはそのさらに外側からそこを乗り越えてきたか、いずれにせよそのいずれかが許容されなければならない。

領家帯の変成温度はよく知られているように西南日本では中央構造線のやや北で最高となる。しかし、その続きと見られる筑波山地では南方に向かって変成度が下がるから(柴, 1979)、ここでは西南日本で失われた部分が一部残っている可能性がある。また、中央構造線を挟む両側の地帯の東北への延長が棚倉構造線を越えて阿武隈山地に及ぶという見解も不可能でなく(佐藤, 1982)、仮にそうであるとする日立の変成帯もこの高まりのある部分に相当する可能性がある。日立の変成岩の原岩に石灰岩が多いことは暗示的である。

5. この古地形が許容されるとすると、この地帯の外側でジュラ紀-白亜紀に起きていた事象が問題になる。三波川変成帯をはじめとして、外帯の諸帯はすでに内帯のテレーンに付加されていたであろうから(Ichikawa, 1990)、美濃テレーンの堆積区の外側には少なくとも島弧が存在していなければならない。そうするとこの地帯は飛驒山地に近づきつつある島弧の前面に広がる海の南縁を表しているというイメージが可能である。美濃テレーンの海は、当時のテクトニックの配置でいうと、むしろ背弧盆地か、あるいは大陸前縁盆地(foreland basin)の外縁に当たるのでなかろうか。

おわりに

この小論は 1991 年 4 月に松山における日本地質学会年会において行った副会長講演の要旨をまとめたものである。広く日本のジュラ紀古地理について考察することが与えられた題であったが、議論を単なる総括にとど

めたくなかったため、具体的な観察事実をもとにして議論を東日本の八溝・足尾山地などで代表される内帯の外側部分に集中した。古地理は単に過去における海陸の分布に限らず、古地形、古気候、古生物地理などをも含まねばならない。ここで取り上げたものは主として古海底地形であるが、このような情報は古テクトニクスの復元に重要な資料となると思い、あえて議論を限定してでも一例を呈示したいと考えた。

文 献

- Aono, H., 1985, Geologic structure of the Ashio and Yamizo Mountains with special reference to its tectonic evolution. *Sci. Rept. Inst. Geosci. Univ. Tsukuba, Sec. B*, **6**, 21-57.
- , Sato, T., Masuda, F., Katsura, Y. and Makino, Y., 1981, Gravity slidings observable in the Mesozoic of the Yamizo Mountains in northeast Japan. *Sci. Rep. Inst. Geosci. Univ. Tsukuba, Sec. B*, **2**, 17-44.
- 藤本治義, 1932, 関東の地質. 中興館, 東京, 278 p.
- ・畠山久重, 1938, 茨城県鶏足山塊産上部古生代化石(予報). 地質雑, **45**, 377-378.
- Hayami, I., 1961, On the Jurassic pelecypod faunas in Japan. *Jour. Fac. Sci. Univ. Tokyo, Sec. 2*, **13**, 243-343.
- , 1990, Geographic distribution of Jurassic bivalve faunas in Eastern Asia. In Ichikawa, K., Mizutani, S., Hara, I., Hada, S. and Yao, A., eds., Pre-Cretaceous terranes of Japan. *Publication IGCP 224*, Osaka, 361-369.
- Ichikawa, K., 1964, Tectonic status of the Honshu Major Belt in Southwest Japan during the Early Mesozoic. *Jour. Geosci. Osaka City Univ.*, **8**, 71-107.
- , 1990, Pre-Cretaceous tectonic history of Japan. In Ichikawa, K., Mizutani, S., Hara, I., Hada, S. and Yao, A., eds., Pre-Cretaceous terranes of Japan. *Publication IGCP 224*, Osaka, 407-413.
- Kano, K., 1979, Giant Deckenpacket and olistostrome in the eastern Mino district, central Japan. *Jour. Fac. Sci. Univ. Tokyo, Sec. 2*, **20**, 31-59.
- Kanomata, N., 1961, The geology of the Yamizo, Torinoko and Toriashi Mountain Blocks and their geologic age. *Jour. Coll. Arts & Sci. Chiba Univ.*, **3**, 351-367.
- Kimura, T., 1984, Mesozoic floras of East and Southeast Asia, with a short note on the Cenozoic floras of Southeast Asia and China. *Geol. Palaeont. SE-Asia*, **25**, 325-350.
- and Ohana, T., 1990, Triassic-Jurassic plants in Japan. In Ichikawa, K., Mizutani, S., Hara, I., Hada, S. and Yao, A., eds., Pre-Cretaceous terranes of Japan. *Publication IGCP 224*, Osaka, 371-379.
- Kobayashi, T., 1941, The Sakawa Orogenic Cycle and its bearing on the origin of the Japanese Islands. *Jour. Fac. Sci. Imp. Univ. Tokyo, Ser. 2*, **5**, 219-578.
- 小池敏夫・木下 勤・猪郷久治・滝沢 茂, 1971, 栃木県葛生付近の栃木層群産コノドントと衝上断層の発見. 地質雑, **77**, 221-222.
- Masuda, F., Katsura, Y., Sato, T., Aono, H., Makino, Y. and Igo, H., 1980, Shallow marine deposits of Triassic-Jurassic age in the Yamizo and Ashio Mountains, Northern Kanto, Japan. *Ann. Rep. Inst. Geosci. Univ. Tsukuba*, **6**, 62-69.
- 松本達郎, 1953, ジュラ紀. 地史学下巻, 朝倉書店, 東京, 325-377.
- Minato, M., Gorai, M. and Hunahashi, M., 1965, eds., *The geologic development of the Japanese islands*. Tsukiji-Shokan, Tokyo, 442 p.
- Mizutani, S., 1990, Mino Terrane. In Ichikawa, K., Mizutani, S., Hara, I., Hada, S. and Yao, A., eds., Pre-Cretaceous terranes of Japan. *Publication IGCP 224*, Osaka, 121-135.
- 水谷伸治郎, 1991, 放散虫生層序の国際対比. 平成2年度科研費総合研究(A)研究成果報告書, 608p.
- 大山年次・笠井勝美, 1974, 八溝山系の地質と古植物. 大山年次教授退官記念誌, 3-19.
- 指田勝男・猪郷久治・猪郷久義・滝沢 茂・久田健一郎・柴田知則・塚田邦治・西村はるみ, 1982, 関東地方のジュラ系放散虫化石について. 大阪微化石研究会特別号, **5**, 51-63.
- Sato, T., 1960, A propos des courants océaniques froids prouvés par l'existence des ammonites d'origine arctique dans le Jurassique japonais. *Rep. IGC XXI Session*, Norden, **12**, 165-169.
- , 1962, Etudes biostratigraphiques des Ammonites du Jurassique du Japon. *Mém. Soc. géol. France, N. S.*, **94**, 1-122.
- 佐藤 正, 1967, ジュラ紀. 浅野 清ほか編 改訂新版地史学, 朝倉書店, 東京, 362-407.
- Sato, T., 1974, A Jurassic ammonite from near Inuyama, north of Nagoya. *Trans. Proc. Palaeont. Soc. Japan, N. S.*, **96**, 427-432.
- , 1980, Superposed deformations due to the Cenozoic crustal movements in northern Kwanto region. *Mem. Geol. Soc. Japan*, no. 18, 175-185.
- 佐藤 正, 1982, 棚倉構造線をめぐる地域の地質構造. 月刊地球, **4/3**, 152-157.
- , 1991, 日本中・古生界の変貌(1), (2). 地質ニュース, **438**, 13-25; **440**, 19-33.
- ・指田勝男・青野宏美, 1987, 八溝山地における重力すべり構造とその意義. 地質雑, **96**, 31-41.
- Sato, T., Kasahara, Y. and Wakita, K., 1985, Discovery of a Middle Jurassic ammonite *Kepplerites* from the Mino Belt, central Japan. *Trans. Proc. Palaeont. Soc. Japan, N. S.*, **139**, 218-221.
- 佐藤 正・橋本恭一・陶山義仁, 1986, 山口県玖珂層群よりジュラ紀後期アンモナイトの発見. 山口博物館研報, **12**, 1-5.
- Sato, T. and Westermann, G. E. G., 1991, Jurassic taxaranges and correlation charts for the Circum Pacific. 4. Japan and South-East Asia. *Newsl. Stratigr.*, **24**(1/2), 81-108.
- 柴 正敏, 1979, 茨城県筑波変成岩類の層序と変成分帯. 岩鉱, **74**, 122-125.
- 鈴木陽雄・佐藤 正, 1972, 鶏足山地からジュラ紀菊石の産出. 地質雑, **78**, 213-215.
- 須鎗和巳・石田啓祐, 1985, 鳥巢層群の放散虫年代. 徳島大教養紀要, **18**, 83-101.
- Varnes, D. J., 1958, Landslide types and processes. In Eckel, E. B. ed., Landslides and engineering practice. *Natl. Acad. Sci., Natl. Res. Council. Publ.*, **544**, 20-47.
- 山田直利, 1990, コンピュータ編集による日本地質図, 縮

尺 200 万分の 1. 地質調査所.

Yao, A., 1990, Triassic and Jurassic Radiolarians. In Ichikawa, K., Mizutani, S., Hara, I., Hada, S. and Yao, A., eds., Pre-Cretaceous terranes of Japan. *Publication IGCP 224*,

Osaka, 329-345.

柳本 裕, 1973, 栃木県葛生地域の中・古生層の層序と地質構造の再検討. 地質雑, 79, 441-451.

(要 旨)

佐藤 正, 1991, ジュラ紀の古地理を考える. 地質雑, 98, 69-80. (Sato, T., 1991, Contemplation on the Jurassic paleogeography. *Jour. Geol. Soc. Japan*, 98, 69-80.)

最近の放散虫の研究の進歩は, 日本列島の中軸部に広くジュラ紀の岩石が発達することを明らかにした. これらの岩石はこれまで異地性岩体の中から発見される化石によって古生代およびあるいは三畳紀に対比されてきたものである. 日本ジュラ紀の古地理はしたがって広範な改訂が要請されることになった. 異地性岩体のジュラ紀泥質堆積物中への移動および定着は, 異地性岩体の中に保存されている重力由来のすべり構造から判断して, 主に重力によるすべりによって起こる. 美濃テレーン, 特にその南縁では, 内側に向かって傾斜する古斜面が地すべりの方向から推定される. 美濃テレーンの海は, ジュラ紀の付加の時代に, 背弧盆地かあるいは大陸前縁盆地に相当するように見える.